

# 不確実性を伴う離散事象システムの制御

[研究代表者] 小野木克明 (情報科学部情報科学科)  
 [共同研究者] 兼重 明宏 (豊田工業高等専門学校)  
 橋爪 進 (奈良工業高等専門学校)

## 研究成果の概要

‘ものや情報の流れ’の制御が中心となるシステムの動作は、離散事象システムとしてとらえることができる。離散事象システムの制御の難しい点は、同時進行的に、非決定的に発生する複数の事象を互いに関連付けながら適切に制御することにある。一方、現実のシステムにおいては、その特性やそれを取り巻く環境が頻繁に変化することも多い。したがって、そこでは予期せぬ不確実性の発生にも即応できることが重要となる。本研究は、不確実性を伴う離散事象システムを対象に、ものや情報の安定で円滑な流れを実現するための制御手法の開発をめざすものである。

この目的を達成するため、本研究では、Bayesian network モデルおよび Petri net モデルのもとで、観測された状態から不確実性を検出し、それがシステムの動作・性能に及ぼす影響を推定しながら、新たな制御則を生成する手法を開発した。そして、開発した手法の有用性・課題を明らかにした。

**研究分野：** システム工学

**キーワード：** 離散事象システム, 不確実性, Petri net, Bayesian network

## 1. 研究開始当初の背景

‘ものや情報の流れ’の制御が中心となる生産・物流システム、情報ネットワーク、道路交通網など多くのシステムの動作は、離散事象システムとしてとらえることができる。離散事象システムの制御の難しい点は、同時進行的に、非決定的に発生する複数の事象を互いに関連付けながら適切に制御することにある。したがって、そこでは事象の発生に関する因果関係を記述したモデルが必要となる。著者らはこれまでに、そのモデルに Petri net を用い、目標動作が仕様として与えられたとき、それを実現するための制御問題を定式化し、その解法を明らかにしてきた。あわせて、離散事象システムのための制御器構築支援ツールを開発してきた。

一方、現実のシステムにおいては、システム自体の特性やそれを取り巻く環境の突然の変化がもたらす不確実性に適切に対応していくことが重要となる。このためには、システムの内外に潜在する種々の不確実性の発生を予測し、それらがシステムの動作・性能に及ぼす影響

を見積もることが必要となる。これによって、予期せぬ変化に即応しながら、ものや情報の安定で円滑な流れが実現できることが期待される。このことは、システムの異常の検出・診断にも相通じるものである。本研究はこのような背景のもとで計画され実施された。

## 2. 研究の目的

本研究は、不確実性を伴う離散事象システムを対象に、観測されたシステムの状態をもとに不確実性を検出し、それがシステムの動作・性能に及ぼす影響を推定しながら、安定で円滑な‘ものや情報の流れ’を実現するための制御手法の開発を目的とするものである。

## 3. 研究の方法

本研究では、不確実性を伴う離散事象システムを対象に、図1に示すような2つの段階；

- (1) 不確実性の検証、
- (2) 制御則の設計

から構成される制御手法を考えた。これを実現するにあ

たつては、(1)と(2)が可能となるモデルが不可欠となる。

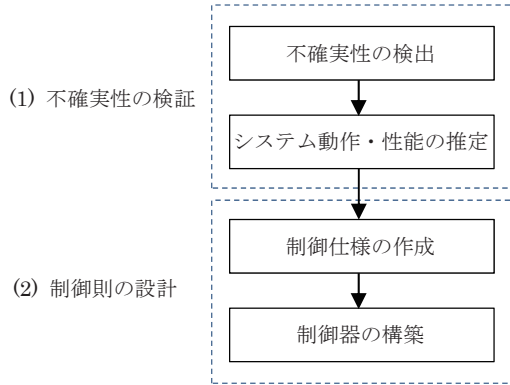


図1 制御システムの実現手順

**(1) 不確実性の検証**

システムを運用する際、そこで発生するすべての不確実性を予め知ることは不可能である。したがって、現実には、システムの状態を観測しながら、不確実性の発生を予測し判断しなければならない。(1)で求められるモデルにはこのような能力が備わっていることが不可欠である。そのため、本研究では、これまでの著者らの研究をもとに、そのモデルとして図2に示すような不確実性を入力に、それが影響すると考えられるシステム動作・性能変化を出力にもつ確率モデルとしてのBayesian networkを採用することとした。これによって、発生したと考えられる不確実性候補は観測された状態から逆向き探索することによって特定され、それがシステム動作・性能に及ぼす影響は前向き探索することによって推定される。

**(2) 制御則の設計**

(1)で検証された不確実性をもとに、これに即応できる制御則を定めるためには、(1)の確率モデルとは異なる確定モデルが必要となる。本研究では、このモデルと

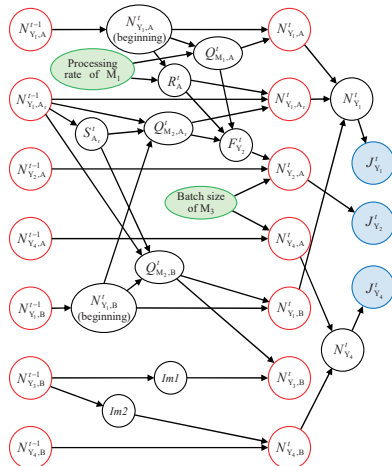


図2 不確実性検証のための確率ネットワークモデル

して、Petri netを採用することとした。ここでは、著者らのこれまでの研究成果を活用し<sup>2)</sup>、(1)で推定されたシステム動作・性能から導出された制御仕様を実現するための制御器モデルが構成される。

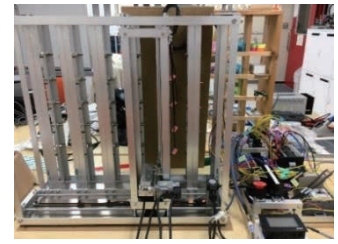


図3 立体倉庫

**4. 研究成果**

簡略化された素材製造システムモデルおよび図3に示す実験室規模の立体倉庫システム(豊田高専設置)を対象に、3章で提案した制御手法の有用性を検討した。その結果と課題は次のようである。

**結果：**

- ① 提案手法の成否は確率モデルの精度に大きく依存する。精緻な確率モデルを作成するためには、不確実性の感度解析等の前処理が必要である。
- ② 事象間の因果関係がある程度明確な不確実性については、提案手法は有用である。

**課題：**

- ① システムの分割・階層化等による確率モデルの規模の縮小が必要である。
- ② (1)で得たシステム動作・性能から、(2)に必要な制御仕様の合理的な生成手法の開発が必要である。

なお、本研究の成果の一部を使って、新たな生体情報制御システムに関する研究を現在進めている<sup>3)</sup>。

**参考文献**

1) 矢野智之, 添田幸宏, 橋爪悟, 橋爪進, 小野木克明, “不確実性を含む動的システムのモデリングと意思決定支援”, 化学工学論文集, Vol.41,pp.374-380 (2015)

2) S.Hashizume, S.Hashizume, T. Yajima, K.Onogi, ”Construction of Batch Process System Model for Fault Analysis”, J. of Chemical Engineering of Japan, Vol.49, pp.689-697 (2016)

3) 兼重明宏, 渡邊泰成, 上木諭, 白井香名, 蓮見溪太, 小野木克明, 澤田耕二, “自動車車内空調システムに対する搭乗者生体情報の取得”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019, 広島 (2019)